

6/09

194



REC'D 25 JUN 2001
WIPO PCT

DE01/592

E.U

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung

PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Aktenzeichen: 101 00 159.2

Anmeldetag: 3. Januar 2001

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

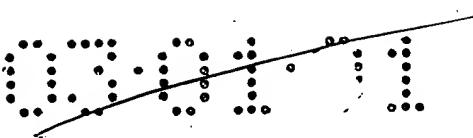
Bezeichnung: Bürstenloser Gleichstromantrieb

Priorität: 1.3.2000 DE 100 09 781.2

IPC: H 02 H, H 01 H, B 62 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Juni 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



13.12.2000

5

ROBERT BOSCH GmbH, 70442 Stuttgart

10

15 Bei einem bürstenlosen Gleichstromantrieb mit einer eine mehrphasige Ankerwicklung (12) aufweisenden Synchronmotor und mit einer der Ankerwicklung (12) vorgeschalteten, von einem elektronischen Steuergerät (16) gesteuerten Schaltvorrichtung (11) zum Kommutieren der Ankerwicklung (12) sind zur Erzwingung eines Fail-Silent-Verhaltens mit einfachen schaltungstechnischen Maßnahmen und ohne externe Bauelemente in der Ankerwicklung (12) Trennmittel (19) vorhanden, die im Fehlerfall ansprechen und die Verbindungen zwischen den Wicklungsphasen (13), vorzugsweise im Sternpunkt (20),

20 25 aufzutrennen (Fig. 1).

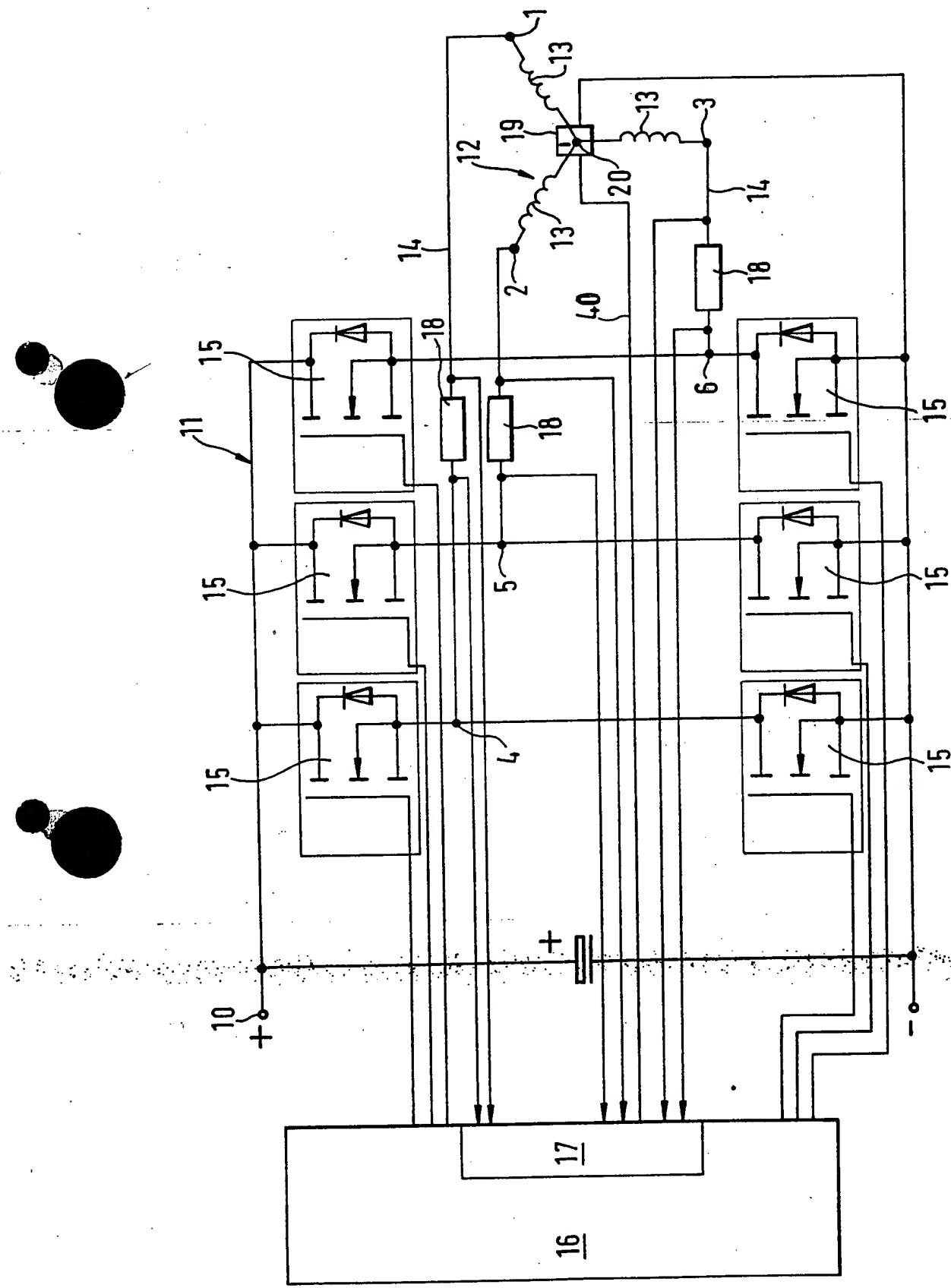


Fig.1

13.12.2000

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

10 Bürstenloser Gleichstromantrieb

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einem bürstenlosen Gleichstromantrieb nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

20

In Kraftfahrzeugen werden permanenterregte, bürstenlose Gleichstromantriebe zu vielfältigen Zwecken, darunter auch für elektrische Servolenkungen, verwendet. Diese Gleichstromantriebe weisen einen Synchronmotor mit einer vorzugsweise in Stern geschalteten Stator- oder Ankerwicklung

25

und einem permanenterregten Rotor auf. Die Ankerwicklung ist über einen Umrichter in Brückenschaltung mit sechs Halbleiter- Leistungsschaltern an das Gleichspannungsnetz angeschlossen. Der die Kommutierung der Ankerwicklung bewirkende Wechselrichter wird von einem elektronischen

30

Steuergerät angesteuert. Ein Beispiel für einen an einem Gleichspannungsnetz betriebenen Synchronmotor ist in der

DE 37 09 168 A1 beschrieben.

Treten in der Ankerwicklung und/oder in den Leistungsschaltern Fehler auf, so kann der Gleichstromantrieb 5 ein dauerhaftes elektromagnetisches Bremsmoment erzeugen, ohne daß eine Gleichspannung angelegt ist, da nunmehr der Synchronmotor als Generator gegen einen niederohmigen Lastwiderstand arbeitet. In vielen Anwendungsfällen beeinträchtigt ein solches Bremsmoment die Funktion des 10 Aggregats oder Systems, in dem der Gleichstromantrieb eingesetzt ist. So erzwingt z. B. bei elektrischen Servolenkungen das im Fehlerfall auftretende Bremsmoment erhebliche, vom Fahrer aufzubringende Lenkkräfte, die nicht akzeptiert werden können. Es ist daher bekannt, an solchen 15 Gleichstromantrieben Einrichtungen vorzusehen, die im Fehlerfall zu einem sog. Fail-Silent-Verhalten des Gleichstromantriebs führen, d. h., daß der Gleichstromantrieb keinen störenden oder nachteiligen Einfluß auf das Aggregat oder des Systems ausübt, dieses also so arbeitet, als ob der 20 Antrieb nicht vorhanden wäre.

Bei einer bekannten elektrischen Servolenkung wird zur Erzeugung des angestrebten Fail-Silent-Verhaltens eine mechanische Kupplung verwendet, über die die Abtriebswelle 25 des Synchronmotors in das Lenkgetriebe eingreift. Im Fehlerfall wird die Kupplung geöffnet und somit der Motor vom Lenksystem abgekoppelt.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße bürstenlose Gleichstromantrieb mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 hat den Vorteil, daß das gewünschte Fail-Silent-Verhalten des Gleichstromantriebs ohne teure externe Bauelemente, wie sie mechanische Kupplungen darstellen, mit einfachen Schaltungsmaßnahmen im Antrieb selbst erreicht wird. Damit wird der Gleichstromantrieb kompakter und benötigt weniger Bauraum, so daß er 10 vielseitiger einsetzbar ist. Die Zusatzkosten, die für das erwünschte Verhalten des Gleichstromantriebs im Fehlerfall aufzubringen sind, sind deutlich reduziert.

Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen 15 sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Patentanspruchs 1 angegebenen Gleichstromantriebs möglich.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Trennmittel zum Auftrennen der Verbindungen zwischen den 20 Wicklungsphasen der Ankerwicklung durch eine Steuereinheit, die den Fehlerfall erkennt, aktivierbar.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist hierzu die Steuereinheit in jeder Verbindungsleitung zwischen 25 der als Brückenschaltung mit Halbleiterschaltern ausgebildeten Schaltvorrichtung und der Ankerwicklung angeordnete Meßshunts auf. In gleichzeitigen Sperrphasen aller Halbleiterschalter werden die über die Meßshunts fließenden Ströme gemessen, und bei Auftreten eines 30 signifikant von Null abweichenden Stromwerts in einem der Meßshunts gibt die Steuervorrichtung ein Aktivierungssignal

an die Trennmittel aus. Eine solche Ausbildung der Steuereinheit, mit der in der Schaltvorrichtung auftretende Fehler erkannt werden, hat den Vorteil, daß die bereits aus anderen Gründen zur Strommessung in dem Gleichstromantrieb 5 vorhandenen Meßshunts zur Erkennung des Fehlerfalls herangezogen werden können, wodurch sich der Schaltungsaufwand weiter reduziert. Fehler in der Ankerwicklung selbst können z. B. durch Messen des an der Abtriebswelle des Synchronmotors abgegebenen Bremsmoments 10 erfaßt werden, was bei elektrischen Servolenkungen von Vorteil ist, da in den Stellgliedern der elektrischen Lenkvorrichtungen bereits Sensoren zur Messung der an den Eingangs- und Ausgangswellen auftretenden Drehmomente vorhanden sind.

15 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist bei einer Sternschaltung der Ankerwicklung die Steuereinheit Meßshunts auf, die jeweils eine Wicklungsphase der Ankerwicklung mit dem Sternpunkt verbinden. Die Steuereinheit 20 mißt fortlaufend die über die Meßshunts fließenden Ströme nach Betrag und Phase und addiert die Shuntströme vektoriell. Bei einem signifikanten Abweichen des Additionsergebnisses von Null gibt die Steuereinheit ein Aktivierungssignal an die Trennmittel. Mit einer solchen Steuereinheit werden sowohl 25 Fehler in der Halbleiter-Schaltvorrichtung als auch Fehler in der Ankerwicklung erkannt und entsprechend die Trennmittel aktiviert.

30 Gemäß vorteilhafter Ausführungsformen der Erfindung können die Trennmittel so ausgebildet sein, daß sie eine irreversible oder reversible Auftrennung der Verbindungen

zwischen den Wicklungsphasen der Ankerwicklung bewirken. Eine irreversible Auftrennung kann mittels pyrotechnischer Sprengladungen oder mittels Schmelzsicherungen herbeigeführt werden. Für die reversible Auftrennung werden elektrische

5 Kontakte verwendet, die elektronisch oder mechanisch steuerbar sind. Bei Ankerwicklungen in Sternschaltung wird der Sternpunkt aufgetrennt, bei Ankerwicklungen in Dreieckschaltung muß jede Wicklungsphase von den Wicklungsanschlüssen abgetrennt werden.

10

Zeichnung

Die Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher 15 erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild eines bürstenlosen Gleichstromantriebs,

20 Fig. 2 ein Schaltbild einer modifizierten Ankerwicklung für den Gleichstromantrieb in Figur 1,

25 Fig. 3 ein Schaltbild der Ankerwicklung des Gleichstromantriebs in Fig. 1 mit modifizierter Steuereinheit zum Ansteuern von Trennmitteln zum Auftrennen der Ankerwicklung,

30 Fig. 4 jeweils eine gleiche Darstellung wie in Fig. 2 und 5 gemäß zweier weiterer Ausführungsbeispiele.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Der in Fig. 1 im Prinzipschaltbild dargestellte bürstenlose Gleichstromantrieb weist einen Synchronmotor auf, der mittels einer Schaltvorrichtung 11 zum elektronischen Kommutieren an einer Gleichspannungsquelle 10 betrieben wird. Der hier nur mit seiner Stator- oder Ankerwicklung 12 dargestellte Synchronmotor weist in bekannter Weise einen die Ankerwicklung 12 aufnehmenden Stator oder Ständer und einen im Stator drehenden Rotor oder Läufer mit Permanentmagnetpolen auf. Die dreiphasig ausgeführte Ankerwicklung 12 weist im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 drei in Stern geschaltete Wicklungsphasen 13 auf, deren Anschlüsse 1, 2 und 3 über Verbindungsleitung 14 mit der Schaltvorrichtung 11 verbunden sind.

Die als B6-Wechselrichter ausgeführte Schaltvorrichtung 11 weist sechs Halbleiterschalter 15, vorzugsweise MOS-FETS, auf, die in Brückenschaltung angeordnet sind. Die zu den Wicklungsanschlüssen 1, 2 und 3 führenden Verbindungsleitungen 14 sind dabei jeweils an dem Abgriff 4, 5 und 6 eines jeweils durch Reihenschaltung zweier Halbleiterschalter 15 gebildeten Brückenzweigs angeschlossen, der in der Verbindung der beiden Halbleiterschalter 15 liegt. Zum Kommutieren der Ankerwicklung 12, d. h. zum zeitlich richtigen Anlegen der Wicklungsphasen 13 an die Gleichspannungsquelle 10, sind die Halbleiterschalter 15 von einem elektronischen Steuergerät 16 ansteuerbar.

Der bürstenlose Gleichstromantrieb verfügt über eine Einrichtung zum Erzwingen eines sog. Fail-Silent-Verhaltens,

die sicherstellt, daß bei Auftreten eines Fehlers im Gleichstromantrieb, der z. B. von einem defekten Halbleiterschalter 15 oder einem Wicklungsschluß in der Ankerwicklung 12 verursacht sein kann, das mit dem 5 Gleichstromantrieb zusammenwirkende System nicht nachteilig beeinflußt oder gestört wird. Diese Einrichtung umfaßt Trennmittel, die im Fehlerfall die Verbindungen zwischen den Wicklungsphasen 13 auftrennen sowie eine im Steuergerät 16 integrierte Steuereinheit 17, die einerseits den Fehlerfall 10 erfaßt und andererseits die Trennmittel bei Auftreten des Fehlerfalls aktiviert. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 gehören zu der Steuereinheit 17 drei Meßshunts, von denen jeweils einer in die drei Verbindungsleitungen 14 zwischen Schaltvorrichtung 11 und Ankerwicklung 12 eingeschaltet ist.

15

In Zeitintervallen, in denen alle Halbleiterschalter 15 gesperrt sind, mißt die Steuereinheit 17 die über die Meßshunts 18 fließenden Shuntströme. Sind alle Halbleiterschalter 15 intakt, so ist jeder Shuntstrom Null. 20 Mißt die Steuereinheit 17 in einem der Meßshunts 18 einen signifikant von Null abweichenden Wert, so erzeugt sie ein Aktivierungssignal, das an die Trennmittel gegeben wird und diese aktiviert.

25 Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 greifen die Trennmittel im Sternpunkt 20 der Ankerwicklung 12 an und bewirken bei ihrem Aktivieren ein irreversibles Auftrennen der Sternpunktverbindung der Wicklungsphasen 13. Die Trennmittel sind hier beispielsweise als eine pyrotechnische Sprengkapsel 30 19 ausgebildet, wie sie z. B. bei Kraftfahrzeugen zur Auslösung der Airbags im Crashfall verwendet wird. Die

elektrisch zündbare Sprengkapsel 19 ist einerseits über eine Verbindungsleitung 40 mit der Steuereinheit 17 und andererseits mit dem Minuspotential der Gleichspannungsquelle 10 verbunden. Liefert einer der Meßshunts 18 einen 5 signifikant von Null abweichenden Stromwert, so erzeugt die Steuereinheit 17 einen elektrischen Zündimpuls, der die Sprengkapsel 19 zündet. Die explodierende Sprengladung reißt den Sternpunkt 20 auf und die Wicklungsphasen 13 sind voneinander getrennt. Dadurch kann der systemimmanente 10 Gleichstromantrieb, der von dem System im Fehlerfall über seine Abtriebswelle angetrieben wird, kein Bremsmoment erzeugen, da die aufgetrennte Ankerwicklung 12 keinen Generatorbetrieb zuläßt.

15 Mit der zu Fig. 1 beschriebenen Steuereinheit 17 können nur solche Fehler erkannt werden, die auf Defekte in den Halbleiterschaltern 15 beruhen. Um auch in der Ankerwicklung 12 auftretende Fehlermöglichkeiten zu erfassen, ist gemäß Fig. 3 die Steuereinheit 17 dahingehend modifiziert, daß die 20 in den Zuleitungen 14 vorhandenen Meßshunts 18 entfallen und statt dessen Meßshunts 21 zwischen dem Sternpunkt 20 und jeder Wicklungsphase 13 angeordnet sind. Die Steuereinheit 17 mißt die über die Meßshunts 21 fließenden Ströme nach Betrag und Phase und addiert diese vektoriell. Bei fehlerfreiem 25 Gleichstrommotor ergibt das Additionsergebnis stets Null. Weicht die Vektorsumme signifikant von Null ab, erzeugt die Steuereinheit 17 wiederum ein Aktivierungssignal für die hier ebenfalls am Sternpunkt 20 angreifenden Trennmittel. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 weisen die Trennmittel eine 30 Schmelzsicherung 22 auf, die bei Aktivierung durch die Steuereinheit 17 kurzfristig so erhitzt wird, daß sie

durchschmilzt und damit den Sternpunkt 20 auftrennt. Zur Aufheizung der Schmelzsicherung 22 wird eine Heizwendel 24 verwendet, die über einen von der Steuereinheit 17 gesteuerten Leistungsschalter an der Gleichspannungsquelle 10 5 angeschlossen ist.

Die Ankerwicklung 12 des Synchronmotors kann selbstverständlich auch beispielsweise in Dreieck geschaltet sein, wie dies in Fig. 2 im Schaltbild dargestellt ist. Die 10 Wicklungsphasen 13 sind dabei mit den Wicklungsanschlüssen 1, 2 und 3 verbunden. Die Trennmittel zum Auftrennen der Wicklungsphasen 13 im Fehlerfall sind in den Wicklungsphasen 13 integriert und mit diesen in Reihe geschaltet. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 bewirken die Trennmittel bei 15 ihrem Ansprechen eine reversible Auftrennung der Ankerwicklung 12. Hierzu ist zwischen den Wicklungsanschlüssen 1, 2 und 3 und den Wicklungsphasen 13 jeweils ein elektrischer Schaltkontakt 23 angeordnet, der elektronisch oder mechanisch steuerbar ist. Elektronisch 20 steuerbare Schaltkontakte 23 werden beispielsweise durch Transistoren oder Thyristoren realisiert, mechanisch steuerbare Schaltkontakte 23 können beispielsweise als elektromagnetisches Relais ausgeführt werden.

25. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 4 sind wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 die Trennmittel am Sternpunkt 20 der Ankerwicklung 12 angeordnet und bewirken bei ihrem Aktivieren ein irreversibles Auftrennen des Sternpunktes 20. Die Trennmittel wiesen zwei in 30 Öffnungsrichtung vorgespannte Schaltkontakte 25 auf, die jeweils von einem Halteglied 26 in Schließstellung festgelegt

sind. Jeweils ein Schaltkontakt 25 mit Halteglied 26 ist zwischen dem Sternpunkt 20 und dem Wicklungsende zweier Wicklungsphasen 13 angeordnet. Das Vorsehen eines dritten Schaltkontakte mit Halteglied zwischen Sternpunkt 20 und der 5 dritten Wicklungsphase 13 ist nicht erforderlich. Den beiden Haltegliedern 26 ist eine gemeinsame, elektronisch zündbare, pyrotechnische Sprengkapsel 27 zugeordnet, die so ausgelegt ist, daß sie bei Auslösung beide Halteglieder 26 zu zerstören vermag. Wie beim Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist die 10 Sprengkapsel 27 über die Verbindungsleitung 40 mit der Steuereinheit 17 verbunden, die im Fehlerfall einen elektrischen Zündimpuls an die Sprengkapsel 27 legt. Mit 15 Zerstörung der Halteglieder 26 werden die vorgespannten Schaltkontakte 25 freigegeben, und diese öffnen, so daß die Verbindung der beiden Wicklungsphasen 13 zum Sternpunkt 20 schlagartig unterbrochen wird.

In Fig. 4 ist ein konstruktives Ausführungsbeispiel für die 20 beiden in Öffnungsrichtung vorgespannten Schaltkontakte 25 mit Halteglied 26 und gemeinsamer Sprengkapsel 27 für die Halteglieder 26 schematisch dargestellt. Jeder Schaltkontakt 25 besitzt eine Kontaktplatte 28, die mit einem Betätigungsstift 29 fest verbunden ist. Der axial 25 verschiebbare Bestätigungsstift 29 wird von einer Druckfeder 30 belastet, die sich einerseits an einem mit dem Betätigungsstift 29 verbundenen Federteller 31 und an einem raumfesten Anschlag 32 abstützt und den Betätigungsstift 29 so vorspannt, daß die Kontaktplatte 28 von den Kontaktstellen 33, 34 abhebt. Die beiden Halteglieder 26 weisen einen 30 gemeinsamen Verriegelungsblock 35 auf, in denen die beiden Betätigungsstifte 29 mit jeweils einer an ihrem von der

Kontaktplatte 28 wegweisenden Ende ausgebildeten Verriegelungsnase 36 eingreifen. Innerhalb des Verriegelungsblocks 35 ist die Sprengkapsel 27 angeordnet, die bei ihrer Zündung den Verriegelungsblock 35 zerstört. Bei 5 der Montage werden die Schaltkontakte 25 geschlossen, indem die Kontaktplatte 28 unter Spannen der Druckfedern 30 auf die Kontaktpunkte 33, 34 aufgedrückt wird, wobei die Verriegelungsnase 36 in den Verriegelungsblock 35 einfallen und dort gehalten sind. Im Fehlerfall wird von der 10 Steuereinheit 17 die Sprengkapsel 27 gezündet. Diese zerstört den Verriegelungsblock 35, so daß die Betätigungsstifte 29 freigegeben werden und die vorgespannten Druckfedern 30 die Kontaktplatten 28 von den Kontaktpunkten 33, 34 abheben.

15 Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 ist wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 die Ankerwicklung 12 in Dreieck geschaltet. Hier ist es erforderlich, daß im Fehlerfall jeder Zweig der Dreieckschaltung aufgetrennt wird, so daß ein Schaltkontakt 25 mit Halteglied 26 mit jeder 20 Wicklungsphase 13 in Reihe geschaltet ist. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 5 ist jedem Halteglied 26 eine separate Sprengkapsel 27 zugeordnet, die bei ihrem Auslösen das Halteglied 26 zerstört, so daß der in Schließstellung vorgespannte Schaltkontakt 25 selbsttätig öffnet.

25 Selbstverständlich ist es auch möglich, zur Zerstörung aller drei Halteglieder 26 eine gemeinsame Sprengkapsel 27 zu verwenden. Die vorgespannten Schaltkontakte 25 mit Halteglied 26 können wie zu Fig. 4 beschrieben ausgeführt werden. Bei Ausbildung der Schaltkontakte 25 als vorgespannte Federzungen 30 kann auf die separaten Druckfedern 30 zum Öffnen der Schaltkontakte 25 verzichtet werden.

13.12.2000

5

ROBERT BOSCH GmbH, 70442 Stuttgart

10

Patentansprüche

15 1. Bürstenloser Gleichstromantrieb mit einem eine mehrphasige Ankerwicklung (12) aufweisenden Synchronmotor, mit einer der Ankerwicklung (12) vorgeschalteten, von einem elektronischen Steuergerät (16) gesteuerten Schaltvorrichtung (11) zum Kommutieren der Ankerwicklung (12) und mit einer Einrichtung zum Erzeugen eines Fail-Silent-Verhaltens, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung im Fehlerfall ansprechende Trennmittel aufweist, die die Verbindungen zwischen den Wicklungsphasen (13) der Ankerwicklung (12) 20 auf trennen.

25 2. Gleichstromantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel durch eine den Fehlerfall erkennende Steuereinheit (17) aktivierbar sind.

30

3. Gleichstromantrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel so ausgebildet sind, daß sie eine irreversible Auftrennung bewirken.
5. 4. Gleichstromantrieb nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel mindestens eine von der Steuereinheit (17) auslösbarer pyrotechnische Sprengkapsel (19) aufweisen.
10. 5. Gleichstromantrieb nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerwicklung (12) in Stern geschaltet ist und die pyrotechnische Sprengkapsel (19) am Sternpunkt (20) so angeordnet ist, daß sie den Sternpunkt (20) aufzureißen vermag.
15. 6. Gleichstromantrieb nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel in Öffnungsrichtung vorgespannte Schaltkontakte (25) und jeweils einen der Schaltkontakte (25) in deren Schließstellung festlegende Halteglieder (26) aufweisen und daß die mindestens eine Sprengkapsel (27) so angeordnet ist, daß sie die Halteglieder (26) zu zerstören oder lösen vermag.
20. 7. Gleichstromantrieb nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerwicklung (12) in Stern geschaltet und zwischen dem Sternpunkt (20) und dem Wicklungsende von mindestens zwei Wicklungsphasen (13) jeweils ein Schaltkontakt (25) mit Halteglied (26) angeordnet ist und daß den beiden Haltegliedern (26) eine gemeinsame Sprengkapsel (27) zugeordnet ist.

8. Gleichstromantrieb nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerwicklung (12) in Dreieck geschaltet ist und ein Schaltkontakt (25) mit Halteglied (26) mit jeder Wicklungsphase (13) in Reihe geschaltet ist und daß jedem Halteglied (26) eine pyrotechnische Sprengkapsel (27) oder allen Haltegliedern (26) eine gemeinsame Sprengkapsel (27) zugeordnet ist.

5

9. Gleichstromantrieb nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel mindestens eine von der Steuereinheit (17) ansteuerbare Schmelzsicherung (22) aufweisen.

10

10. Gleichstromantrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel so ausgebildet sind, daß sie eine reversible Auftrennung bewirken.

15

11. Gleichstromantrieb nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennmittel in den Wicklungsphasen (13) angeordnete elektrische Schaltkontakte (23) aufweisen, die elektronisch oder mechanisch steuerbar sind.

20

12. Gleichstromantrieb nach einem der Ansprüche 9 - 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerwicklung (12) in Stern geschaltet ist und die Trennmittel im Sternpunkt (20) angeordnet sind.

25

13. Gleichstromantrieb nach einem der Ansprüche 9 - 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerwicklung (12) in

30

Dreieck geschaltet ist und die Trennmittel mit jeder Wicklungsphase (13) in Reihe geschaltet sind.

14. Gleichstromantrieb nach einem der Ansprüche 2 - 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltvorrichtung (11) Halbleiterschalter (15) in Brückenschaltung aufweist, daß die den Fehlerfall erkennende Steuereinheit (17) in jeder Verbindungsleitung (14) zwischen Schaltvorrichtung (11) und Ankerwicklung (12) angeordnete Meßshunts (18) aufweist und daß die Steuereinheit (17) in gleichzeitigen Sperrphasen aller Halbleiterschalter (15) die über die Meßshunts (18) fließenden Ströme mißt und bei Auftreten eines signifikant von Null abweichenden Stromwerts in mindestens einem der Meßshunts (18) ein Aktivierungssignal an die Trennmittel ausgibt.

15. Gleichstromantrieb nach einem der Ansprüche 2 - 13, dadurch gekennzeichnet, daß die den Fehlerfall erkennende Steuereinheit (17) Meßshunts (21) aufweist, die jeweils eine Wicklungsphase (13) der Ankerwicklung (12) mit dem Sternpunkt (20) verbinden, und daß die Steuereinheit (17) fortlaufend die Shuntströme nach Betrag und Phase mißt und vektoriell addiert und bei signifikantem Abweichen der Vektorsumme von Null ein Aktivierungssignal an die Trennmittel gibt.

000-000-01

1/3

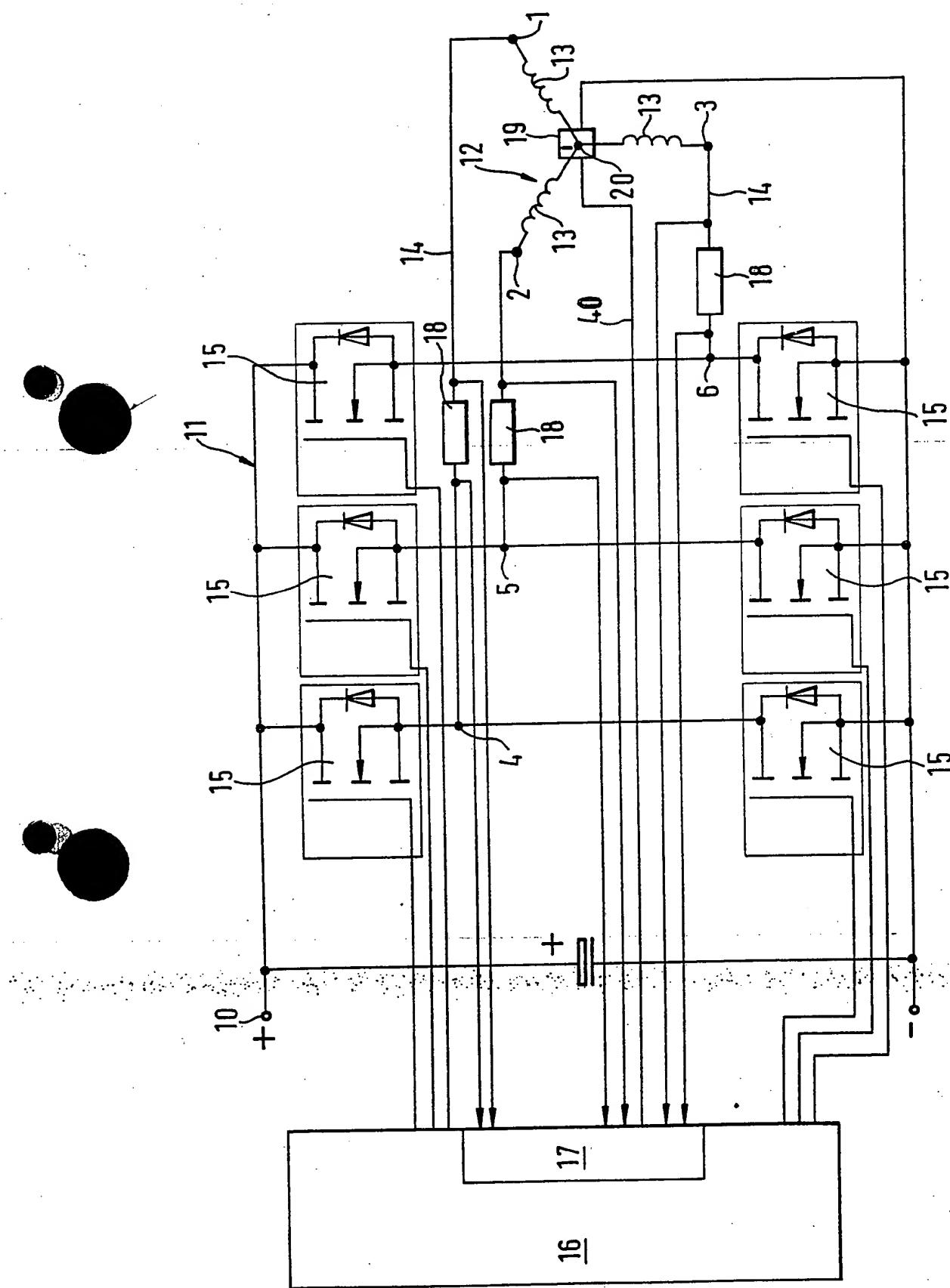


Fig.1

00-01-31

37 638 -1

2 / 3

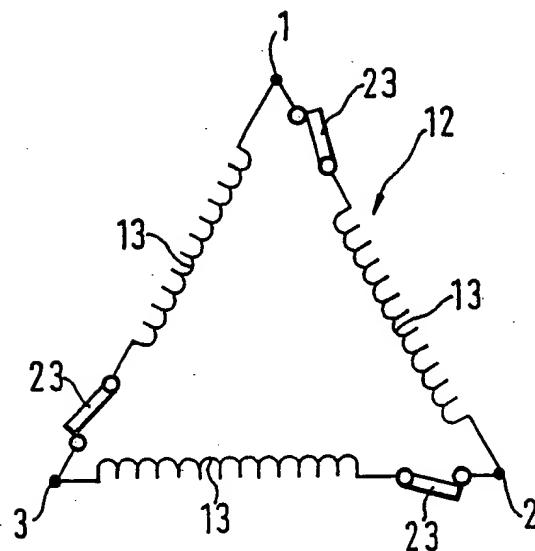


Fig. 2

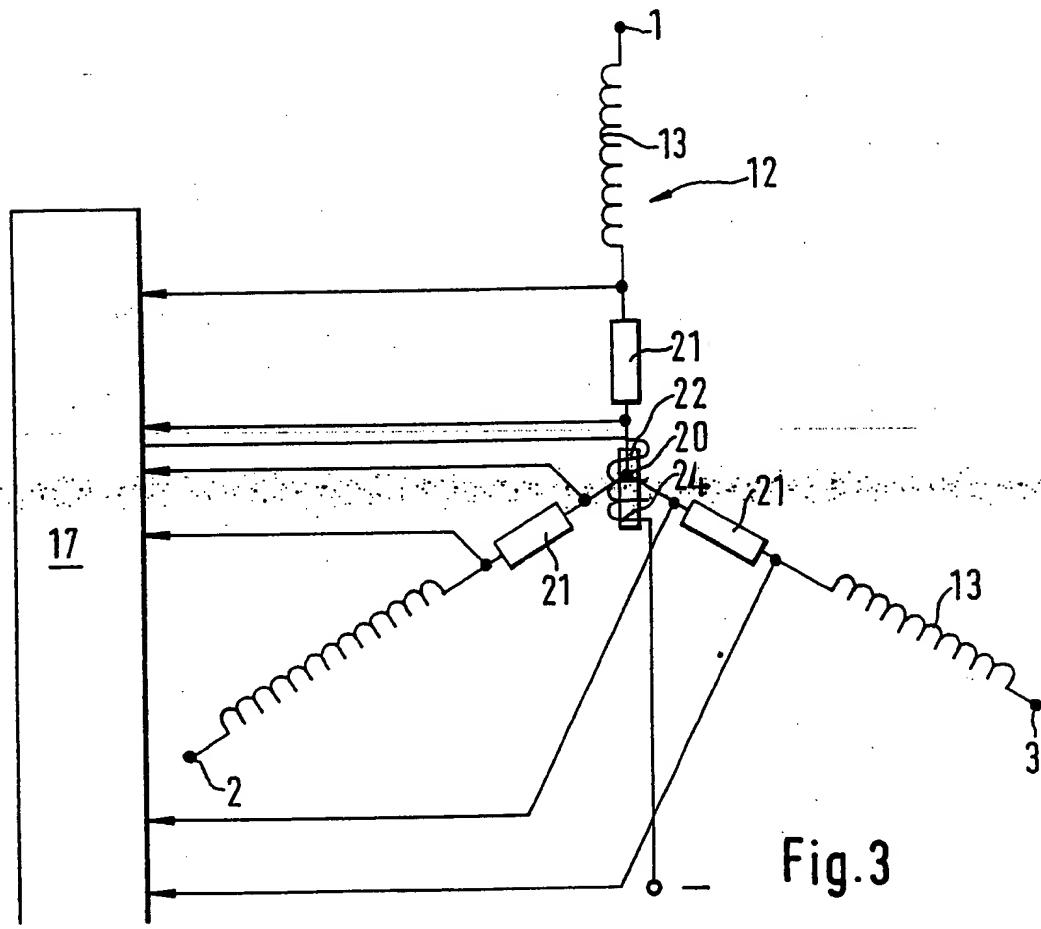


Fig. 3

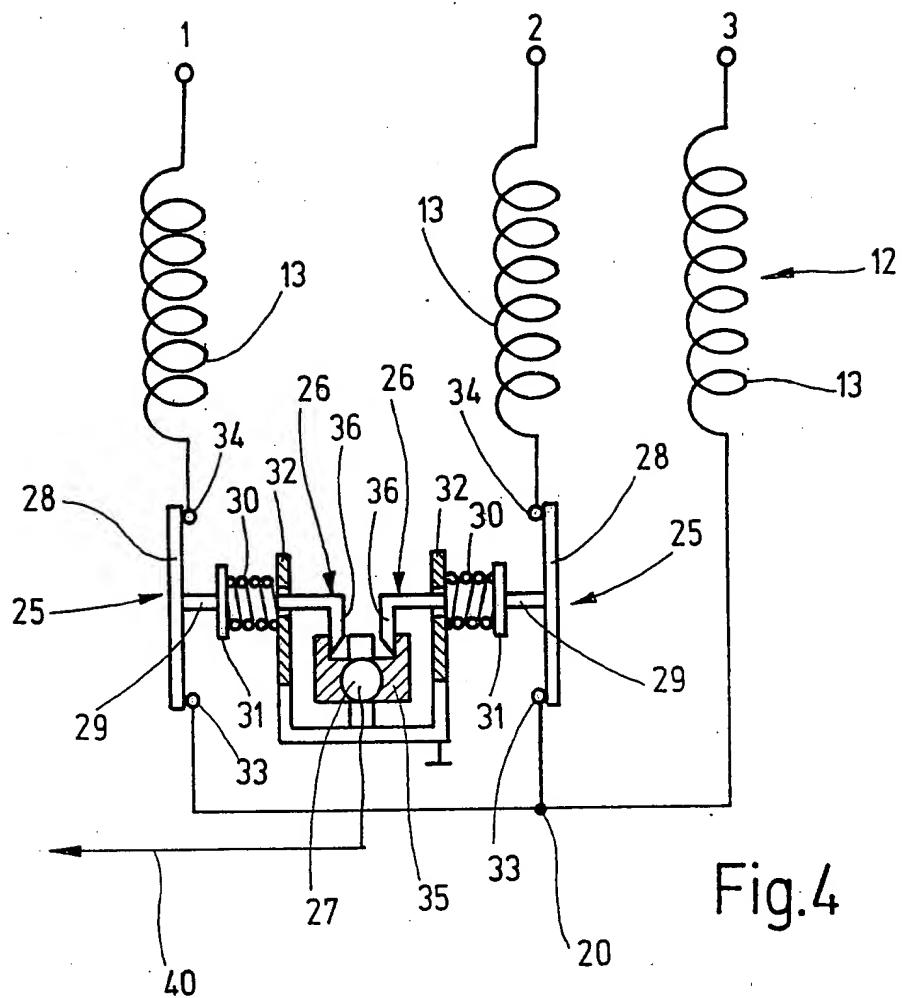


Fig.4

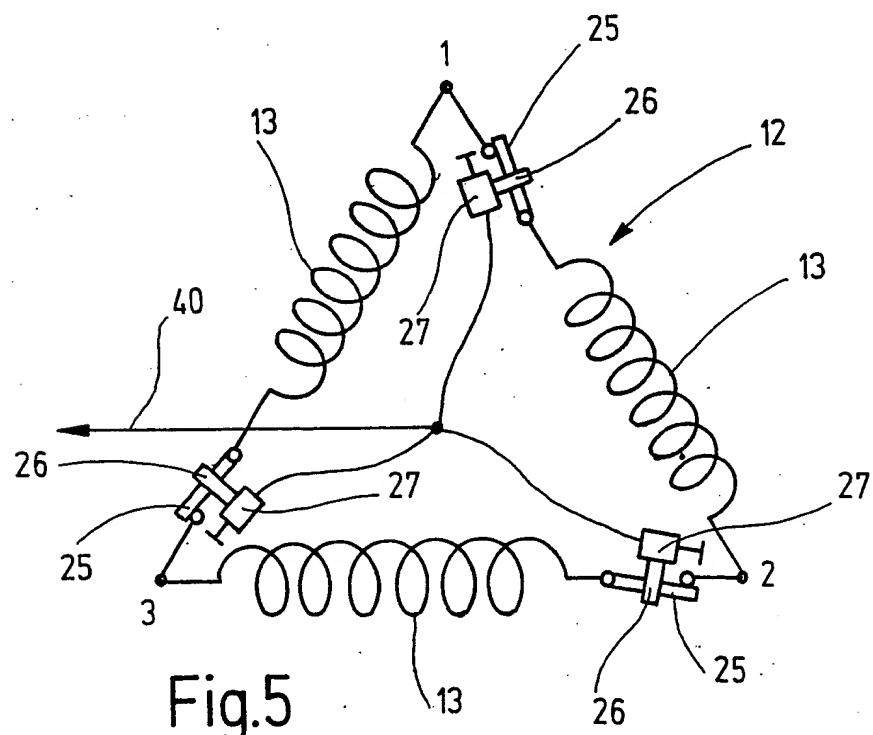


Fig.5